



Identifikasi Sampah Plastik Menggunakan Algoritma *Deep Learning*

Lut Faizal¹, Yuyun², Hazriani³

Program Studi Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik, Universitas Muhammadiyah Sinjai¹

Program Pascasarjana Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar^{2,3}

Jl. Teuku Umar No.8 B, Kec. Sinjai Utara, Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan, 92615, Indonesia¹

Jl. Adyaksa Baru No.1, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, 90231, Indonesia^{2,3}

lutfaizal@umsi.ac.id*¹, yuyunwabula@handayani.ac.id², hazriani@handayani.ac.id³

Kata Kunci :

Sampah Plastik;
Deep Learning;
Faster R-CNN.

ABSTRAK

Masalah sampah plastik masih belum terselesaikan secara optimal hingga saat ini. Jumlah sampah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia terus meningkat sejalan dengan jumlah penduduk yang terus bertambah. Sampah plastik menjadi salah satu jenis sampah yang sulit didaur ulang, terutama jika tercampur dengan sampah lainnya. Agar proses daur ulang menjadi lebih mudah, diperlukan pemilahan sampah berdasarkan jenisnya. Oleh karena itu, sebuah solusi yang bisa diimplementasikan adalah merancang sistem yang menggunakan pendekatan *deep learning* untuk mendeteksi jenis sampah plastik, berat sampah dan informasi lokasi sampah tersebut. *Faster R-CNN* merupakan algoritma deteksi objek yang masuk kedalam bidang computer vision berbasis jaringan konvolusi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi sebuah objek. Adapun hasil penelitian yang diperoleh, nilai akurasi sistem yang didapatkan dalam mengidentifikasi botol plastik sebesar 96,3%, gelas plastik 100%, sendok 84,2%, styrofoam 100%, dan undefined 100% sehingga total akurasi sistem yang didapatkan dari 5 objek sebesar 96,3%. Selain itu, sistem juga mampu menampilkan hasil estimasi berat dari objek yang dideteksi sesuai dengan parameter inputan basis data.

Keywords

Plastic waste;
Deep Learning;
Faster R-CNN.

ABSTRACT

The problem of plastic waste has not been optimally resolved until now. The amount of waste generated by human activities continues to increase in line with the growing population. Plastic waste is one type of waste that is difficult to recycle, especially when mixed with other waste. In order to make the recycling process easier, it is necessary to sort waste based on its type. Therefore, a solution that can be implemented is to design a system that uses a deep learning approach to detect the type of plastic waste, the weight of the waste and information on the location of the waste. Faster R-CNN is an object detection algorithm that enters the field of convolutional network-based computer vision that can be used to identify an object. As for the research results obtained, the system accuracy value obtained in identifying plastic bottles is 96.3%, plastic cups 100%, spoons 84.2%, styrofoam 100%, and undefined 100% so that the total system accuracy obtained from 5 objects is 96.3%. In addition, the system is also able to display the estimated weight of the detected object according to the database input parameters.

---Jurnal JISTI @2023---

PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu permasalahan di Indonesia yang sampai saat ini belum terpecahkan secara maksimal, jumlah sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Data yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan



Kehutanan (KLHK) pada tahun 2021 jumlah sampah di Indonesia mencapai 23 juta ton/tahun atau setara dengan 63 ribu ton/hari dan jenis sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia seperti sampah organik sebanyak 44.59% dan sisanya sampah anorganik mencapai 55.41%, dari data tersebut diperoleh bahwa sampah plastik merupakan jenis sampah anorganik terbesar yang mencapai 15.69% (*SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*, n.d.). Semakin besar jumlah sampah plastik maka akan semakin besar pula potensi pencemaran lingkungan, karena plastik membutuhkan waktu 20-100 tahun agar bisa terurai didalam tanah.

Salah satu tempat yang menjadi sumber sampah di perkotaan yaitu tempat wisata (Aziz et al., 2020). Hal ini dikarenakan secara tidak langsung aktivitas para wisatawan saat berkunjung ke tempat wisata bisa menyebabkan timbulan sampah setiap hari (Qodriyatun, n.d.). Kota Makassar menawarkan banyak tempat wisata yang menarik, namun situasi ini juga menghadirkan tantangan yang besar dalam pengelolaan sampah, terutama masalah sampah plastik yang menjadi penyebab utama pencemaran lingkungan. Jika tidak ditangani dengan baik, masalah ini akan berdampak negatif pada keberlanjutan lingkungan dan menurunkan daya tarik tempat wisata tersebut (Timang & Rachman, 2019). Maka dari itu, salah satu alternatif solusinya adalah merancang sebuah sistem yang dapat mendeteksi jenis dan memberikan informasi sampah plastik secara real time dengan pendekatan *deep learning*, sehingga dapat memberikan informasi kepada petugas kebersihan berupa jenis dan jumlah sampah pada suatu tempat wisata. Adapun untuk melakukan pemilahan dan penyaringan sampah plastik yang lebih baik, dibutuhkan sistem komputasi *deep learning* sehingga kemampuan visual manusia dapat diterapkan ke sistem komputer (Aryanto & Agusman, 2021).

Perkembangan dalam bidang *deep learning* pada saat ini telah mempermudah implementasi sistem tersebut berkat ketersediaan berbagai library dan Application Program Interface (API). Salah satu library yang akan digunakan dalam implementasi ini adalah Tensorflow. Tensorflow adalah sebuah framework yang digunakan untuk menyatakan algoritma pembelajaran mesin dan untuk menjalankan perintah-perintah dengan memanfaatkan informasi tentang objek atau target yang dikenali, serta mampu melakukan pemisahan antara objek satu dengan objek lainnya (Hasma & Silfianti, 2018).

Saat ini, para peneliti telah melakukan berbagai upaya untuk menangani masalah sampah plastik dengan menggunakan teknik klasifikasi, seperti penelitian yang menggunakan metode *support vector machine (SVM)* untuk mengklasifikasikan sampah plastic mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 87,82% (Leonardo et al., 2020). Penelitian lain menggunakan metode *convolutional neural network (CNN)* dalam mengidentifikasi jenis sampah dengan menambahkan hyperparameter, mereka berhasil meningkatkan akurasi dari 67,6% menjadi 91,2% (Rima Dias Ramadhani et al., 2021). Beberapa penelitian lainnya juga menggunakan metode CNN dalam pemilahan sampah. Sebagai contoh, penelitian (Wang, 2020) menggunakan dataset yang terdiri dari 4 kelas dan membangun model dengan arsitektur *VGG-16* mampu menghasilkan akurasi sebesar 75,6%. Peneliti lainnya melakukan perbandingan antara beberapa arsitektur CNN seperti *ResNet*, *VGG*, *Inception*, dan *MobileNet* untuk mencari model terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur *ResNet-50* memiliki performa terbaik, dengan akurasi data train sebesar 78% dan 90%, serta akurasi data validasi sebesar 74% dan 80% (Stephen Stephen et al., 2019).

Pada penelitian ini menggunakan metode *Faster R-CNN* sebagai salah satu teknologi *deep learning* untuk membantu mengidentifikasi jenis sampah plastik dan untuk mendemonstrasikan bagaimana pengidentifikasian sampah plastik dapat dilakukan pada gambar atau video. Pemilihan *Faster R-CNN* karena memiliki kemampuan yang lebih besar dalam mendeteksi banyak objek pada sebuah gambar ataupun video, sehingga dapat mengatasi situasi di mana terdapat banyak sampah plastik yang perlu diidentifikasi. Selain itu, *Faster R-CNN* juga memiliki tingkat akurasi yang tinggi dibandingkan dengan model *deep learning* lainnya seperti *SSD (Single Shot MultiBox Detector)* atau *R-FCN (Region-based*



Fully Convolutional Networks. Dengan demikian, penggunaan *Faster R-CNN* diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik dan akurat sehingga dapat memberikan informasi terkait sampah plastik di tempat wisata dengan lebih mudah dan efisien.

KAJIAN PUSTAKA

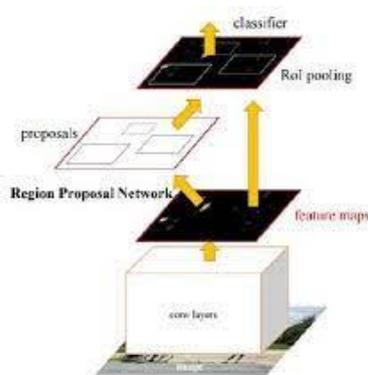
1. *Deep Learning*.

Deep Learning merupakan cabang *machine learning* yang mencoba memodelkan abstraksi data tingkat tinggi menggunakan beberapa lapisan *neuron* yang terdiri dari struktur kompleks atau transformasi *non-linear*. Dengan peningkatan jumlah data dan kekuatan komputasi, jaringan saraf dengan struktur yang lebih kompleks telah menarik perhatian luas dan telah diterapkan ke berbagai bidang. Keuntungan utama *Deep Learning* adalah mampu merubah data dari *non-linearly separable* menjadi *linearly separable* melalui serangkaian transformasi (*hidden layers*). Selain itu, *Deep Learning* juga mampu mencari *decision boundary* yang berbentuk *non-linear*, serta mensimulasikan interaksi *non-linear* antar fitur (Putra, 2020).

2. *Convolutional Neural Networks*

Convolutional Neural Networks (CNN) merupakan salah satu jenis dari jaringan saraf buatan yang terinspirasi oleh jaringan saraf biologis seperti proses pengolahan informasi pada otak manusia. CNN terdiri dari lapisan konvolusi dan subsampling yang diikuti oleh lapisan *fully connected layer*. CNN menggabungkan jaringan saraf tiruan dan diskrit konvolusi untuk pemrosesan gambar yang dapat digunakan untuk mengekstrak fitur secara otomatis. Oleh karena itu, dirancang khusus untuk mengenali data dua dimensi, seperti: gambar dan video. Gambar yang digunakan sebagai input jaringan akan diekstraksi kemudian diikuti dengan proses rekonstruksi data, selanjutnya akan diolah dengan algoritma pengenalan gambar. Meskipun CNN sudah lama di kembangkan oleh Lecun yaitu pada tahun 1997 dengan sebutan *LeNet-5*. *LeNet-5* merupakan arsitektur pertama CNN yang digunakan untuk membaca cek bank secara *real time*. Akan tetapi CNN mulai populer pada tahun 2012 melalui kompetisi yang diselenggarakan oleh *ImageNet*. Kompetisi tersebut dimenangkan oleh Alex Krizhevsky dengan menggunakan model *Alexnet*. *Alexnet* ialah model CNN yang hampir sama dengan *LeNet-5*, akan tetapi lebih signifikan dalam beberapa cara sehingga dapat memberikan dampak pada perkembangan *artificial intelligence* (Peryanto et al., 2020).

3. *Faster R-CNN*



Gambar 1. Arsitektur Faster R-CNN (Megawan & Lestari, 2020)

Faster R-CNN menjadi salah satu alternatif yang banyak dipilih dalam pengenalan objek berbasis *Deep Learning* (Nando et al., 2021). *Faster R-CNN* terbagi menjadi dua bagian penting yaitu sebagai berikut:



a. *Region Proposal Network (RPN)*

PRN adalah proses yang membantu untuk menemukan lokasi objek pada gambar yang diolah. Jadi lokasi objek yang ada pada gambar memiliki kemungkinan batasan objek dari wilayah yang diketahui atau yang biasa disebut dengan *Region of Interest (RoI)*.

b. *Classifier*

Classifier atau suatu proses yang digunakan dalam mengklasifikasikan *RoI* yang sudah diidentifikasi pada *RPN* ke dalam kelas yang sesuai, teknik yang digunakan pada tahap ini yaitu CNN (Megawan & Lestari, 2020).

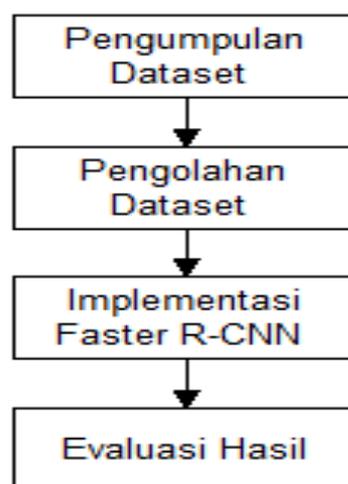
4. *Tensorflow*

Tensorflow merupakan *framework Deep Learning* yang dikembangkan oleh tim peneliti Google dan juga merupakan sebuah library yang bersifat free open-source yang dapat digunakan untuk keperluan data *science*. *library* dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi, masking, dan deteksi objek. Pada bidang deteksi objek terdapat *framework object detection API* yang merupakan *library* yang dapat dimanfaatkan untuk membantu proses *constructing*, *training* dan *deployment* pada model deteksi objek. *Framework object detection API* menyediakan *pretrained* model yang dapat digunakan langsung oleh user, namun memungkinkan juga jika pengguna ingin membangun custom object detection dengan menggunakan model yang lain, seperti *Retinanet*, *SSD*, *CenterNet*, *Resnet50*, *EfficientDet*, *Faster R-CNN* dan masih banyak lagi (Manajang et al., 2021).

TensorFlow dibangun menggunakan bahasa pemrograman python yang menggunakan *API front-end* untuk membangun aplikasi dengan kerangka kerja, sambil mengdischarge aplikasi tersebut kedalam C++ / python. *TensorFlow* dikembangkan dengan tujuan agar dapat melakukan pembelajaran mesin dan penelitian jaringan syaraf. *TensorFlow* menyatukan aljabar komputasi, teknik pengoptimalan kompilasi agar memudahkan untuk penghitungan ekspresi matematis, sehingga dapat mengurangi masalah waktu yang diperlukan dalam melakukan proses perhitungan (Pratama, 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdapat beberapa tahapan, antara, pengumpulan dataset, pengolahan dataset, Metode *Faster R-CNN* dan evaluasi hasil seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian



1. Pengumpulan Dataset

Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari *scraping* data website dan juga melakukan pengambilan gambar dari tempat wisata di Kota Makassar dengan menggunakan kamera digital.

2. Pengolahan Dataset

Pengolahan dataset adalah tahap persiapan sebelum dataset digunakan untuk melakukan identifikasi jenis sampah plastik. Pada tahap ini, pengolahan data terdiri dari penskalaan ukuran citra menjadi 540×540 piksel, pelabelan data, pembagian dataset (80% data training dan 20% data uji). Adapun rincian sebaran dataset yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Dataset Sampah

No	Kelas	Data Training	Data Testing
1	Botol Plastik	160	40
2	Gelas Plastik	160	40
3	Sendok Plastik	160	40
4	Styrofoam	160	40
5	Undefined	153	38

3. Impelementasi *Faster R-CNN*

Faster R-CNN sebuah algoritma deteksi objek yang masuk kedalam bidang computer vision berbasis jaringan kovolusi (Sunario Megawan & Wulan Sri Lestari, 2020). Algoritma ini merupakan pengembangan algoritma *Faster R-CNN* dan menjadi salah satu alternatif yang banyak dipilih dalam pengenalan objek berbasis Deep Learning (Nando et al., 2021). *Faster R-CNN* mampu melakukan komputasi 25 kali lebih cepat dibandingkan dengan R-CNN karena perbedaan letak dari region of interest (Sarbona et al., 2021).

4. Sistem Evaluasi Hasil

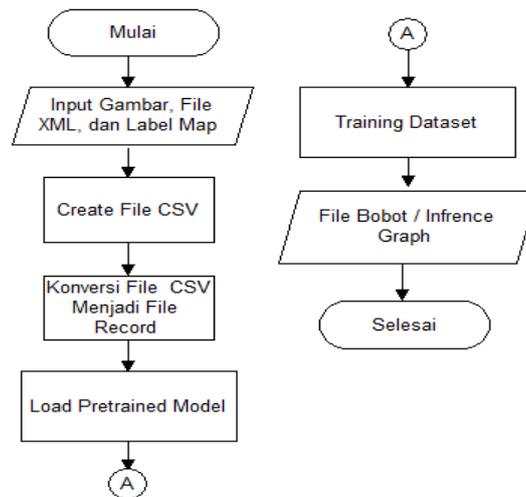
Pada penelitian ini akan dilakukan analisis performance sistem yang telah dibangun. Performance sistem dilihat berdasarkan hasil tingkat akurasi sistem. Tingkat akurasi adalah tingkat keakuratan model yang telah dibuat dalam mengidentifikasi inputan citra yang diberikan sehingga menghasilkan output yang benar. Secara matematis akurasi dapat dihitung dengan persamaan berikut (Naufal, 2021):

$$akurasi = \frac{JumlahDataBenar}{JumlahDataKeseluruhan} \times 100\% \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

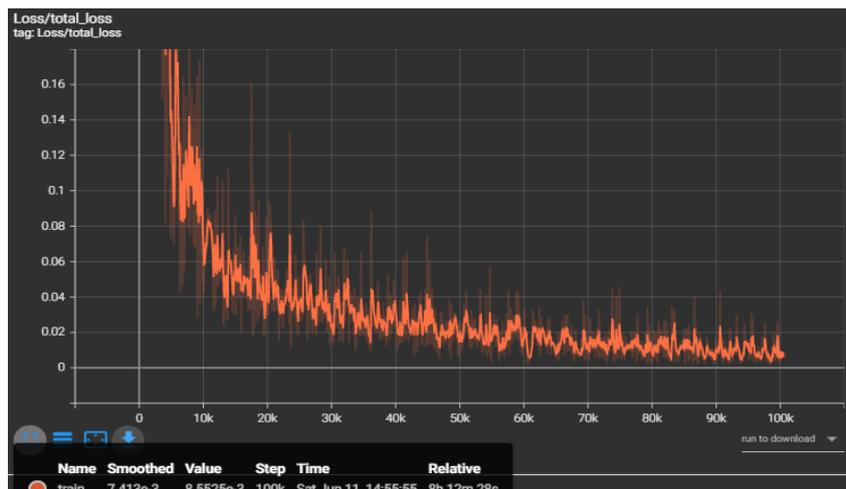
1. Implementasi Sistem

Tahap awal yang dilakukan pada tahap ini ialah melakukan pelabelan pada masing-masing objek yang akan dilatih ke sistem dengan menggunakan aplikasi Labellmg, setiap objek akan diberikan nama kelas dan juga bounding box. Setelah pelabelan selesai, akan dihasilkan sebuah file xml dari setiap objek yang telah dilabeli kemudian dijadikan file record untuk digunakan dalam proses training. Kumpulan file tersebut akan dikonversi menjadi file “train.record” yang akan diinput kedalam sistem untuk dijadikan data training. Setelah file train.record dan test.record didapatkan, selanjutnya adalah membuat sebuah file “label_map.ptxt” yang berisi informasi id dan nama kelas bertujuan untuk memberikan informasi ke sistem. Adapun alur proses training ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 2. Flowchart Training data dengan Tensorflow

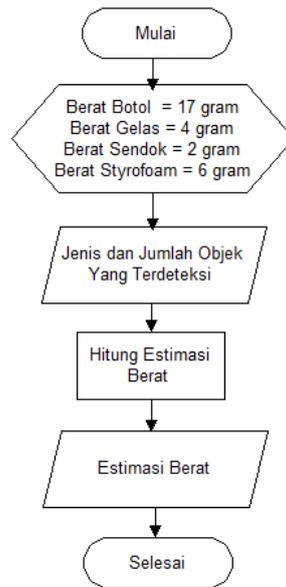
Proses training dilakukan menggunakan tensorflow-gpu 2.8.2 dengan model pretrained-weight dari *Faster R-CNN resnet 50 coco*, nilai *learning rate* 0.04, dan jumlah *step* sebanyak 100K. diperoleh loss nilai $loss=0.008$ dengan waktu training selama 8 jam 12 menit. Adapun hasil training dataset dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Training dataset

Hasil training diubah menjadi inference graph yang merupakan model paten yang tidak dapat di-train lagi dan hanya digunakan sebagai model dalam mengidentifikasi sampah plastik, pembuatan model frozen ini akan mengurangi ukuran dari file hasil training. Setelah itu model frozen akan langsung dimasukkan kedalam sistem. Selanjutnya, proses estimasi berat yang dapat dilihat pada gambar 4. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung estimasi berat yaitu:

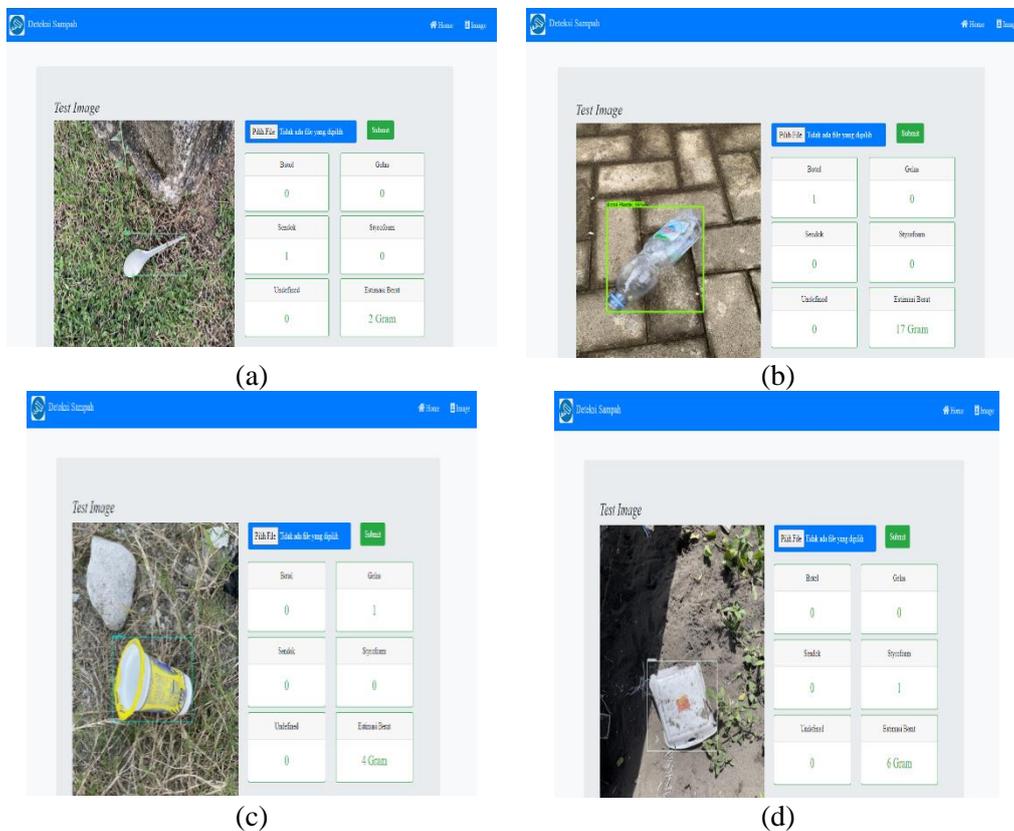
$$Total\ berat = (Jumlahbotol \times Berat\ botol) + (Jumlah\ gelas \times Berat\ Gelas) + (Jumlah\ sendok \times Berat\ sendok) + (Jumlah\ styrofoam \times Berat\ styrofoam)$$



Gambar 4. Flowchart Estimasi Berat

2. Pengujian

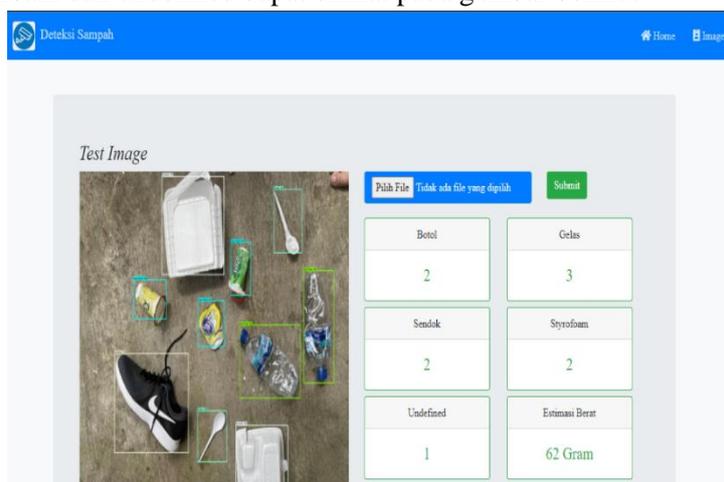
Pada tahap ini, akan dilakukan pengujian terhadap data dan sistem yang telah dikembangkan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengidentifikasi jenis objek sampah plastik. Pengujian ini bertujuan untuk menguji keakuratan dan keandalan sistem dalam mengidentifikasi objek sampah plastik dari objek lainnya. Data yang digunakan dalam pengujian akan mencakup berbagai jenis sampah plastik dengan variasi ukuran, bentuk, dan kondisi. Adapun contoh pendeteksian objek oleh sistem dapat dilihat pada berikut:



Gambar 5 Deteksi Objek (a) Sendok; (b) Botol; (c) Gelas; (d) Styrofoam



Gambar 5(a) diambil pada waktu tengah hari dengan cuaca cerah.dan dapat dilihat bahwa sistem dapat mendeteksi objek sendok dengan berat 2 gram. Gambar 5(b) diambil pada waktu pagi hari dengan cuaca mendung dan sapat dilihat bahwa sistem dapat mendeteksi objek botol dengan berat 17 gram. Kemudian gambar 5(c) diambil pada waktu pagi hari dengan cuaca mendung dan sistem dapat mendeteksi objek gelas dengan berat 4 gram. Terakhir, gambar 5(d) terlihat objek styrofoam, gambar ini diambil pada waktu pagi hari dengan cuaca cerah dan sistem dapat mendeteksi objek tersebut dengan berat 6 gram. Adapun pengujian sistem menggunakan gambar yang terdiri dari lima kelas yaitu botol, gelas, sendok, styrofoam dan undefined dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 6. Deteksi 5 Kelas

3. Hasil

Akurasi sistem akan diuji untuk mengukur performanya dalam mengidentifikasi sampah plastik. Perhitungan akurasi dilakukan dengan membagi jumlah data pengujian yang teridentifikasi dengan benar oleh sistem dengan total jumlah data pengujian. Hasil pengujian akurasi sistem ini ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Hasil pengujian akurasi

#	Botol	Gelas	Sendok	Styrofoam	Undefined	Akurasi
Botol	39	0	0	0	1	97,5%
Gelas	0	40	0	0	0	100%
Sendok	0	0	32	0	6	84,2%
Styrofoam	0	0	0	40	0	100%
Undefined	0	0	0	0	40	100%
Rata-Rata						96,3%

Berdasarkan tabel 2, diketahui bahwa pada objek gelas plastik, styrofoam, dan undefined sistem mampu mendeteksi semua data testing, pada objek botol terdapat 1 objek yang dideteksi sebagai kelas undefined karena background dari objek memiliki kemiripan dengan beberapa data train yang ada pada kelas undefined, sehingga feature map dari CNN menghasilkan nilai kemiripan terhadap kelas undefined, sedangkan pada kelas sendok terdapat 6 objek yang tidak terdeteksi. Hal tersebut di



pengaruhi oleh faktor jarak pengambilan gambar karena model yang dibangun hanya mampu mendeteksi objek sendok dengan jarak maksimal 50 cm.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dalam penelitian, diperoleh tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi botol plastik sebesar 96,3%, gelas plastik 100%, sendok 84,2%, styrofoam 100%, dan undefined 100% sehingga total akurasi sistem yang didapatkan dari 5 objek sebesar 96,3%. Selain itu sistem juga mampu menampilkan hasil estimasi berat dari objek yang dideteksi sesuai dengan parameter inputan basis data. Untuk penelitian selanjutnya penulis menyarankan menggunakan dataset yang lebih banyak dengan jarak pengambilan gambar yang beragam sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, D., & Augusman, V. (2021). *PENERAPAN MACHINE LEARNING UNTUK MENGATEGORIKAN SAMPAH PLASTIK RUMAH TANGGA. 1*.
- Aziz, R., Dewilda, Y., & Putri, B. E. (2020). KAJIAN AWAL PENGOLAHAN SAMPAH KAWASAN WISATA PANTAI CAROCOK KOTA PAINAN. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 20(1), 77. <https://doi.org/10.36275/stsp.v20i1.244>
- Hasma, Y. A., & Silfianti, W. (2018). IMPLEMENTASI DEEP LEARNING MENGGUNAKAN FRAMEWORK TENSORFLOW DENGAN METODE FASTER REGIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK PENDETEKSIAN JERAWAT. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 23(2), 89–102. <https://doi.org/10.35760/tr.2018.v23i2.2459>
- Leonardo, L., Yohannes, Y., & Hartati, E. (2020). Klasifikasi Sampah Daur Ulang Menggunakan Support Vector Machine Dengan Fitur Local Binary Pattern. *Jurnal Algoritme*, 1(1), 78–90. <https://doi.org/10.35957/algoritme.v1i1.440>
- Manajang, D., Sompie, S. R. U. A., & Jacobus, A. (2021). Implementasi Framework Tensorflow Object Detection API Dalam Mengklasifikasi Jenis Kendaraan Bermotor. *Jurnal Teknik Informatika*, 15(3), Article 3. <https://doi.org/10.35793/jti.15.3.2020.29775>
- Megawan, S., & Lestari, W. S. (2020). Deteksi Spoofing Wajah Menggunakan *Faster R-CNN* dengan Arsitektur Resnet50 pada Video. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.22146/v9i3.231>
- Nando, M., Setianingsih, C., & Hasibuan, F. C. (2021). SISTEM PENGENALAN WAJAH UNTUK KENDALI BERBASIS PERILAKU PENGGUNA PADA SMART HOME DENGAN ALGORITMA *FASTER R-CNN*. 2021-12-14, 7.
- Naufal, M. F. (2021). Analisis Perbandingan Algoritma SVM, KNN, dan CNN untuk Klasifikasi Citra Cuaca. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 8(2), 311. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2021824553>
- Peryanto, A., Yudhana, A., & Umar, R. (2020). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network dan K Fold Cross Validation. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 4(1), 45–51. <https://doi.org/10.30871/jaic.v4i1>



-
- Pratama, R. R. (2020). Analisis Model Machine Learning Terhadap Pengenalan Aktifitas Manusia. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 19(2), 302–311. <https://doi.org/10.30812/matrik.v19i2.688>
- Putra, J. wira G. (2020). *Pengenalan konsep pembelajaran mesin dan deep learning*.
- Qodriyatun, S. N. (n.d.). *SAMPAH PLASTIK: DAMPAKNYA TERHADAP PARIWISATA DAN SOLUSI*.
- Rima Dias Ramadhani, Nur Aziz Thohari, A., Kartiko, C., Junaidi, A., Ginanjar Laksana, T., & Alim Setya Nugraha, N. (2021). Optimasi Akurasi Metode Convolutional Neural Network untuk Identifikasi Jenis Sampah. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(2), 312–318. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i2.2754>
- Sarbona, B. F., Prasasti, A. L., & Saputra, M. A. (2021). *SISTEM INSPEKSI VISUAL UNTUK MENDETEKSI CACAT PADA SEL BATERAI MENGGUNAKAN FASTER R-CNN*. 8.
- SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. (n.d.). Retrieved December 22, 2022, from <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbangan>
- Stephen Stephen, Raymond Raymond, & Handri Santoso. (2019). Aplikasi Convolution Neural Network Untuk Mendeteksi Jenis-jenis Sampah. *Explore: Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika*, 10(2). <https://doi.org/10.36448/jsit.v10i2.1319>
- Sunario Megawan & Wulan Sri Lestari. (2020). Deteksi Spoofing Wajah Menggunakan Faster R-CNN dengan Arsitektur Resnet50 pada Video. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 9(3), 261–267. <https://doi.org/10.22146/.v9i3.231>
- Timang, N. Y., & Rachman, T. (2019). *ANALISA KESADARAN MASYARAKAT TENTANG DAMPAK SAMPAH TERHADAP PENCEMARAN PANTAI LOSARI*.
- Wang, H. (2020). Garbage Recognition and Classification System Based on Convolutional Neural Network VGG16. *2020 3rd International Conference on Advanced Electronic Materials, Computers and Software Engineering (AEMCSE)*, 252–255. <https://doi.org/10.1109/AEMCSE50948.2020.00061>